

системах" - М.: Знание, 1978. 6. Вилкас Б. Й. і Майминас В. З. "Решения: теория, информация, моделирование" (М.: Радио и связь, 1981, с. 69-70).. 7. Бутрименко А. В. Разработка и эксплуатация сетей ЭВМ. - М.: Финансы и статистика, 1981. -256 с. 8. Бакалов В. П. О мере ценности информации в адаптивных системах. - Отбор и передача информации, 1977, вып. 51, с. 103-108.. 9. Иваненко В. Н. Лабковский В. А К вопросу о накоплении информации в адаптивных системах управления. - В кн.: Адаптивные системы управления, - Киев: ИК АН УССР, 1975, с. 3-11. 10. Коган И. М. Ценность информации в теоретико-информационном аспекте систем. - Радиотехника, 1969, т. 24, № 5, с. 18-21. 11. Мороз Б. И. Ценность информации в динамических системах с иерархической структурой управления. - В кн.: Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. - Харьков: Вища школа, 1981, вып. 57, с. 10-15. 12. Бонгард М. М. О понятии "полезность информации". - В кн.: Проблемы кибернетики. - М.: Физматгиз, 1963, вып. 9, с. 11-13. 13. Мороз Б. И. Определение ценности одного класса информации методом анализа производственных ситуаций. - В кн.: Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. - Харьков: Вища школа, 1980, вып. 54, с. 92-96. 14. Шилейко А. В., Кочнев В. Ф., Химушин Ф. Ф. Введения в информационную теорию систем. - М.: Радио и связь, 1985. -280 с. 15. Голосов О. В., Гутцайт Е. М. Косвенный экономический эффект от автоматизации учета в одной модели движения материалов на складе.- В кн.: Автоматизация учета в народном хозяйстве. - Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1977, с. 16-19. 17. Рогинский В. М. "Информация и информационные сети" (М.: Наука, 1977. 16. Зелігер А. М. "Применение критерия полезности в статической теории связи" - Материалы научно-технической конференции ЛЭИС, - Л.: Изд-во ЛЭИС, 1968, вып. 4, с. 18-26. 18. Мороз Б. И. Организация процессов обработки информации с учетом ценности и старения в системах автоматизированного управления и информационного обслуживания (монография) / Днепр. ун-т. -Днепропетровск, 1992, -233 с. - Деп. в Укр ИНТЭИ 08. 04. 92, № 451 - УК 92. 19. Дружинин Г. В., Сергеева И. В. Качество информации, - М.: Радио и связь, 1990.-172 С. 20. Ефимов А. Н. Учет эффекта старения информации при дискретном измерении случайных процессов. - В кн.: Кибернетика в измерительной технике. -М: ЦНИИиТЭИПСиСУ, 1968, с. 114-118.

УДК:621.375.121

ПРОГНОЗУЮЧІ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ В СИСТЕМАХ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

Катерина Скочеляс

Національний технічний університет України "КПІ"

Анотація: Досліджено вплив шумів на похибки прогнозуючих засобів вимірювання.

Summary: This works is dedicated to the investigations influence of noise in forecasting measuring devises.

Ключові слова: Алгоритм прогнозу, дисперсія похибки, шум.

I Вступ

Прогнозуючі засоби вимірювання (ПЗВ) призначені для застосування у різноманітних системах автоматичного керування та складних технологічних процесах. На результат роботи ПЗВ значно впливають зовнішні (природні та штучні) та внутрішні перешкоди, що значно зменшують точність таких приладів [1]. Тому виникає задача забезпечення метрологічної стійкості таких засобів, підвищення їх здатності протистояти перешкодам, тобто задача захисту інформації, що передається, від шумів або втручань.

У статті пропонується захищати інформацію за допомогою обробки її алгоритмами прогнозу.

II Постановка задачі

Розглянемо структурну схему ПЗВ (рис. 1).

На вхід вимірювального перетворювача (ВП) подається вхідна величина $X_{\text{вх}}$, до якої додається штучно створена або природна перешкода типу білого шуму $\Delta x(t)$. Результат перетворення вхідної величини $Y = k(X_{\text{вх}} + \Delta x(t))$, де k - коефіцієнт перетворення ВП (для спрощення $k = 1$), з виходу ВП подається на обчислювальний пристрій (ОП). ОП за допомогою алгоритмів прогнозу обчислює результат вимірювання N_p . Робота ОП базується на різних алгоритмах прогнозу. Дослідимо залежність випадкової похибки на

виході ПЗВ від застосованих алгоритмів прогнозу.

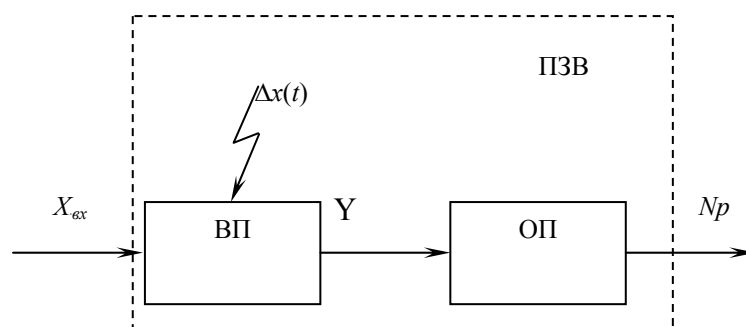


Рисунок 1 – Структурна схема ПЗВ з шумами

III Вплив шумів на похибки прогнозуючих засобів вимірювання

Алгоритми прогнозу, для яких проводиться дослідження, представлені у табл. 1. Їх можна розділити на дві групи. До першої належить алгоритми за однією точкою передісторії (А1Т) – прогноз за останнім значенням (ПОЗ-1), а також алгоритми прогнозу за двома точками передісторії (А2Т): лінійний на крок вперед (ЛП-1), лінійний на півкроку вперед (ЛП-0.5) та алгоритм прогнозу за ковзним середнім за двома точками (КС2-0.5)

До другої групи належать алгоритми прогнозу за трьома точками передісторії (А3Т): квадратичний на один крок вперед (КВП-1), квадратичний на півкроку вперед (КВП-0.5) та алгоритми прогнозу за чотирма точкам передісторії (А4Т): кубічний на крок вперед (КП-1) і кубічний на півкроку вперед (КП-0.5).

Таблиця. 1

Алгоритм прогнозу	Математична інтерпретація
ПОЗ-1	$Np_{i+1} = Y_i$
ЛП-1	$Np_{i+2} = 2Y_{i+1} - Y_i$
ЛП-0.5	$Np_{i+1.5} = 1.5Y_{i+1} - 0.5Y_i$
КС2-0.5	$Np_{i+0.5} = 0.5Y_i + 0.5Y_{i+1}$
КВП-1	$Np_{i+3} = 3Y_{i+2} - 3Y_{i+1} + Y_i$
КВП-0.5	$Np_{i+2.5} = 0.375Y_i - 1.25Y_{i+1} + 1.875Y_{i+2}$
КП-1	$Np_{i+4} = 4Y_{i+3} - 6Y_{i+2} + 4Y_{i+1} - Y_i$
КП-0.5	$Np_{i+3.5} = 2.1875Y_{i+3} - 2.1875Y_{i+2} + 1.3125Y_{i+1} - 0.3125Y_i$

Докладно розглянемо випадок алгоритмів прогнозу А2Т. Результат вимірювання для них має вигляд:

$$Np = Y_i + Y_{i+1} = a_1 x_i + a_2 x_{i+1} + a_1 \Delta x(t_i) + a_2 \Delta x(t_{i+1}), \quad (1)$$

де x_i , x_{i+1} - вхідна величина, $\Delta x(t_i)$, $\Delta x(t_{i+1})$ - шум, Y_i , Y_{i+1} - результат перетворення у моменти часу, які відповідають точкам i та $i+1$; a_1 , a_2 - коефіцієнти, які залежать від алгоритму прогнозу (прогнозні коефіцієнти).

У виразі (1) два останніх члени відображають вплив шумів на результат вимірювання. Обчислимо дисперсію шуму:

$$D = M[\{(a_1 \Delta x_1(t_1) + (a_1 \Delta x_1(t_1))\}^2] = D[\Delta x(t)][a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \rho(\Delta t)] \quad (2)$$

Прогнозні коефіцієнти для алгоритму ЛП-0.5 дорівнюють: $a_1 = -0,5$, $a_2 = 1,5$. Після підстановки їх у (2) отримаємо:

$$D = D[\Delta x(t)]\{(-0,5)^2 + 1,5^2 - 2 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \rho(\Delta t)\} = D[\Delta x(t)]\{2,5 - 1,5 \rho(\Delta t)\}$$

Таким чином, якщо шум не корельований ($\rho(\Delta t) = 0$), то дисперсія збільшується у 2,5 рази по відношенню до початкової. Якщо шум корельований ($\rho(\Delta t) = 1$), то дисперсія залишається незмінною.

Для алгоритму прогнозу ЛП-1 дисперсія шумів дорівнює:

$$D = \bar{D}[\Delta x(t)] \cdot [5 - 4 \cdot \rho(\Delta t)],$$

а для алгоритму КС2-0.5:

$$D = D[\Delta x(t)] \cdot 0,5 \cdot [1 + \rho(\Delta t)].$$

Дисперсія шумів для алгоритму ПОЗ-1 не залежить від коефіцієнту кореляції:

$$D = M[\Delta x^2(t_i)] = D[\Delta x(t)]$$

На рис. 2 представлена залежність дисперсії шумів від коефіцієнту кореляції для алгоритмів прогнозу першої групи. Як видно, лише при використанні КС2-0.5 дисперсія не корельованого шуму зменшується в два рази. Застосування алгоритмів ЛП-0.5, ПОЗ-1 та КС2-0.5 значно не збільшує дисперсію шумів як корельованих, так і не корельованих. Алгоритми ЛП-1 при $\rho(\Delta t) = 0$ збільшує дисперсію у 5 разів. Таким чином дисперсія шуму залежить як від коефіцієнту кореляції, так і від конкретного алгоритму прогнозу.

Розглянемо вплив шумів на результат вимірювання після обробки АЗТ та А4Т. Загальний вираз дисперсії шумів ВП для АЗТ представлений виразом (3), а для А4Т – виразом (4).

$$D = D[\Delta x(t)] \cdot [a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + 2 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \rho(\Delta t) + 2 \cdot a_1 \cdot a_3 \cdot \rho(2\Delta t) + 2 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot \rho(\Delta t)] \quad (3)$$

$$D = D[\Delta x(t)] \cdot [a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + a_4^2 + 2 \cdot a_3 \cdot a_4 \cdot \rho(\Delta t) + 2 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot \rho(2\Delta t) + 2 \cdot a_1 \cdot a_4 \cdot \rho(3\Delta t) + 2 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \rho(\Delta t) + 2 \cdot a_1 \cdot a_3 \cdot \rho(2\Delta t) + 2 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot \rho(\Delta t)] \quad (4)$$

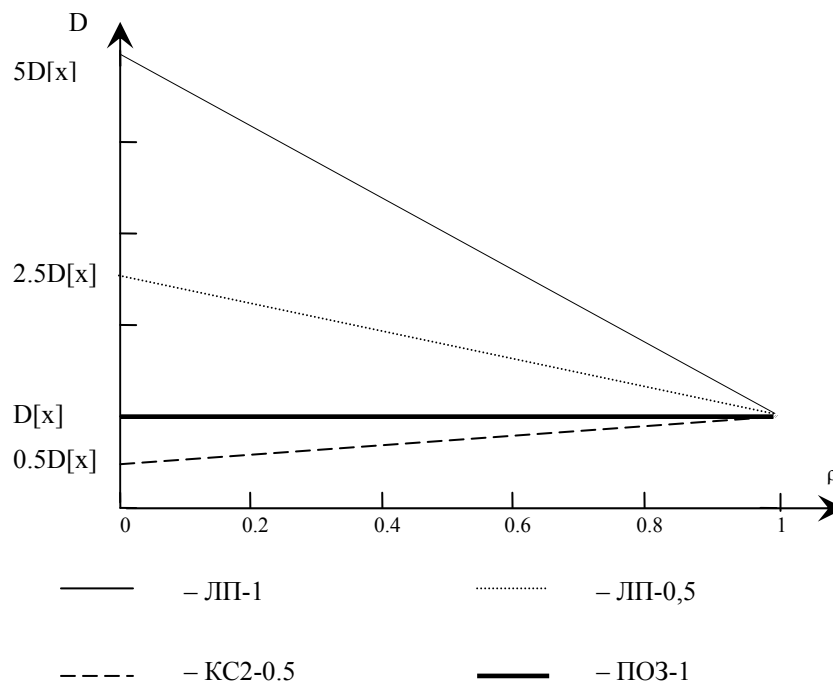


Рисунок 2 – Залежність дисперсії шумів від коефіцієнту кореляції для алгоритмів першої групи

Після підстановки прогнозних коефіцієнтів отримаємо:

$$D = D[\Delta x(t)] \cdot [5,22 - 5,63 \cdot \rho(\Delta t) + 1,41 \cdot \rho(2\Delta t)]$$

$$\begin{aligned}
\text{КВП-1} \quad & D = D[\Delta x(t)] \cdot [19 - 24 \cdot \rho(\Delta t) + 6 \cdot \rho(2\Delta t)] \\
\text{КП-1} \quad & D = D[\Delta x(t)] \cdot [69 - 104 \cdot \rho(\Delta t) + 44 \cdot \rho(2\Delta t) - 8 \cdot \rho(3\Delta t)] \\
\text{КП-0.5} \quad & D = D[\Delta x(t)] \cdot [1,390625 - 16,1328125 \cdot \rho(\Delta t) + 7,109375 \cdot \rho(2\Delta t) - \\
& - 1,3671875 \cdot \rho(3\Delta t)]
\end{aligned}$$

З виразів видно, що як і для алгоритмів першої групи, дисперсія шуму залежить від кореляційної функції та прогнозних коефіцієнтів. Дисперсія не корельованого шуму збільшується для всіх алгоритмів прогнозу. Розглянемо, як кореляційна функція впливає на дисперсію.

Найпоширенішою у вимірювальній техніці є експоненціальна кореляційна функція $\rho(\Delta t) = 1 - e^{-\Delta t}$, яка описує проходження шуму крізь інерційну ланку першого порядку. Враховуючи це запишемо вирази для дисперсії:

$$\begin{aligned}
\text{КВП-0.5} \quad & D = D[\Delta x(t)] \cdot [1 + 5,63 \cdot \exp(-\Delta t) - 1,41 \cdot \exp(-2\Delta t)] \\
\text{КВП-1} \quad & D = D[\Delta x(t)] \cdot [1 + 24 \cdot \exp(-\Delta t) - 6 \exp(-2\Delta t)] \\
\text{КП-1} \quad & D = D[\Delta x(t)] \cdot [1 + 104 \cdot \exp(-\Delta t) - 44 \exp(-2\Delta t) + 8 \cdot \exp(-3\Delta t)] \\
\text{КП-0.5} \quad & D = D[\Delta x(t)] \cdot [1 + 16,1328125 \cdot \exp(-\Delta t) - \\
& - 7,109375 \cdot \exp(-2\Delta t) + 1,3671875 \cdot \exp(-3\Delta t)]
\end{aligned}$$

Наочно залежність дисперсії від коефіцієнта кореляції для КВП-0.5, КВП-1, КП-0.5 та КП-1 представлена на рис. 3.

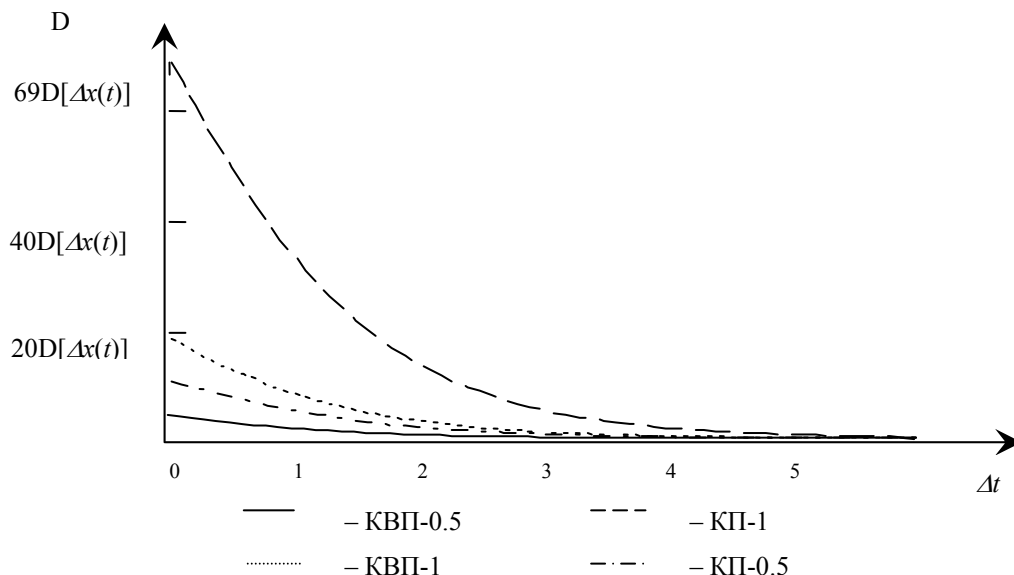


Рисунок 3 – Залежність дисперсії шумів від коефіцієнту кореляції для алгоритмів другої групи

Розрахунки дисперсії для розглянутих алгоритмів наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Алгоритм прогнозу	Діапазон дисперсії	
	Шум корельований ($\rho(\Delta t)=1$)	Шум не корельований ($\rho(\Delta t)=0$)
ПОЗ-1	$D[\Delta x(t)]$	
ЛП-1	$D[\Delta x(t)]$	$5D[\Delta x(t)]$
ЛП-0.5	$D[\Delta x(t)]$	$2,5D[\Delta x(t)]$
КС2-0.5	$D[\Delta x(t)]$	$0,5D[\Delta x(t)]$
КВП-0.5	$D[\Delta x(t)]$	$5,22D[\Delta x(t)]$
ВП-1	$D[\Delta x(t)]$	$19D[\Delta x(t)]$

КП-0.5	$D[\Delta x(t)]$	$11,39 D[\Delta x(t)]$
КП-1	$D[\Delta x(t)]$	$69 D[\Delta x(t)]$

З табл. 2 видно, що у випадку корельованого шуму ЗВ дисперсія не змінюється. Якщо шум не корельований, то дисперсія значно збільшується, причому збільшення залежить від ступеня алгоритму прогнозу та від кроку прогнозу. Лише для алгоритму КС2-0,5 дисперсія не корельованого шуму зменшується.

IV Висновки

Таким чином завдяки ПЗВ виникає можливість захистити інформацію від штучних або природних перешкод.

Використання алгоритмів прогнозу спричиняє зміну дисперсії не корельованого шуму, причому вона залежить не тільки від рівня шуму, але й від алгоритму прогнозу. У більшості випадків дисперсія збільшується. Тільки для КС2-0.5 вона має максимальне зменшення у 2 рази.

Для збільшення точності вимірювання складних процесів використовуються складні алгоритми прогнозу, такі як АЗТ та А4Т, але при цьому значно збільшується дисперсія шумів. Тому при виборі алгоритму прогнозу треба порівнювати вплив шумів з похибкою методу вимірювання ПЗВ [2], і домагатися зменшення шумової складової для збільшення точності прогнозу. Для цього треба використовувати більш прості алгоритми або збільшувати коефіцієнт кореляції.

Література: 1. Губарь В. И. “Метод последовательного накопления корректирующих поправок результатов измерений”. – “Метрология” – 1981., - № 2, – С. 3-9. 2. К. Б. Скочеляс “Дослідження похибок прогнозуючих засобів вимірювання”. - Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2000. - № 6. – С 101-105.

УДК 654.924

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Владимир Волхонский

Санкт-Петербургский Государственный университет аэрокосмического приборостроения

Аннотация: Анализируются основные факторы снижения вероятности выполнения задачи системой передачи извещений в составе централизованной системы безопасности. Рассматриваются обобщенная структура многоканальной системы передачи, ее вероятностные характеристики, предлагается способ оценки вероятности передачи сообщений.

Summary: Analysis of general decreasing reasons of transmission signal probability in monitoring security systems. Based on offered general structure of multi channel communication system, estimation of transmission signal probability is accomplished.

Ключевые слова: Система безопасности, передача сообщений, помехозащищенность, вероятность.

Один из основных элементов системы безопасности (СБ) с передачей сообщений на пункт централизованной охраны (ПЦО), то есть в системах централизованного наблюдения (СЦН) - это система передачи извещений (СПИ). В качестве каналов связи в таких системах используются главным образом телефонные и радиоканалы. Общие принципы построения таких систем достаточно широко и подробно рассмотрены в опубликованных за последнее время работах, например в [1].

Построение любой системы безопасности, как объектовой, так и централизованного наблюдения в значительной мере определяется системой передачи извещений от датчиков контроля состояния объекта (извещателей) к приемно-контрольному прибору (контрольной панели) в объектовой части СЦН и в автономных системах сигнализации или от объектовых систем на пункт централизованной охраны в СЦН. А это предполагает, в первую очередь, организацию соответствующей проводной или радио канальной системы передачи информации или извещений. Наличие достаточно большого количества абонентов (источников извещений) в обоих случаях требует создания многоканальной системы. Образование многоканальной системы может быть реализовано двумя методами объединения – централизованным или автономным [2]. В первом случае обмен информацией между абонентами происходит через центральные